

# Arquitectura Bioclimática y Energía Solar

energía solar·sus usos

GILBERTO DE HOYOS



AM  
H7414  
6



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD AZCAPOTZALCO. División de Ciencias y Artes para el Diseño  
Departamento de Medio Ambiente para el Diseño

# 218513  
C.B. 2894706

Domitila  
investigación  
y copia

# Arquitectura Bioclimática y Energía Solar

energía solar·sus usos

GILBERTO DE HOYOS



2894706

142816



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD AZCAPOTZALCO. División de Ciencias y Artes para el Diseño  
Departamento de Medio Ambiente para el Diseño

© UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA - UNIDAD AZCAPOTZALCO.  
México, D.F., 1985.

UAM  
TH7414  
H6

Diseño        LAURA E. LEON-VALLE  
Portada:     PALOMA IBÁÑEZ

Esta edición consta de 200 ejemplares.  
Impreso en los Talleres de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.  
Av. San Pablo 180, Azcapotzalco, México 16, D.F.

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA  
UNIDAD AZCAPOTZALCO  
DIVISION DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO  
C. y A. D.  
DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE PARA EL DISEÑO

E N E R G I A   S O L A R   -   S U   U S O  
ALGUNOS ANTECEDENTES HISTORICOS

 **AZCAPOTZALCO**  
CDCEI BIBLIOTECA

PROF. ARQ. GILBERTO DE HOYOS C.  
1 9 8 4

Esquema general de : A GOLDEN THREAD, Butti y Perlin.



## ENERGIA SOLAR-SU USO

### ALGUNOS ANTECEDENTES HISTORICOS

Solemos hablar de energía solar como de una "nueva" fuente energética que todavía está lejos de ser aprovechada cabalmente; que requiere todavía de mucha investigación para poder ser considerada práctica. No deja, sin embargo, de merecer nuestra atención y curiosidad, en vista de la "crisis energética" de la que somos cada día más conscientes.

Sabemos que la principal fuente de energía actualmente - deriva del aprovechamiento de los combustibles fósiles, 98% aproximadamente, fuente que, al no ser renovable, tiende a agotarse eventualmente.

Naturalmente surge la necesidad de buscar fuentes alternativas de energía: nuclear, por ejemplo, para lo cual sólo es necesario encontrar nuevos depósitos de uranio, explotarlos y esperar a que se agoten para entrar en otra nueva crisis. Es entonces que "descubrimos" una "nueva" fuente de energía que nos permitirá hacer frente a la crisis: EL SOL.

Por otra parte, los avances científicos y tecnológicos de que el hombre ha sido capaz, nos hacen mirar al futuro con optimismo si ha puesto el pie en la Luna y ha llegado a Júpiter, ciertamente - que habrá de encontrar la manera de resolver esta problemática. Sólo que, paradójicamente, los avances científicos y tecnológicos nos han impedido desarrollar formas de aprovechamiento de energía solar, climatización de espacios y calentamiento de agua que fueron usadas - desde hace miles de años y que han pasado de una cultura a otra en formas adaptadas a las necesidades sociales, de una manera más ingeniosa que muchos descubrimientos científicos y tecnológicos.

La crisis energética actual en realidad no es nada nuevo, como veremos, y resulta particularmente importante refrescar la memoria para no repetir los mismos errores. En muchos momentos de la historia, uno de ellos ahora mismo, el hombre ha constatado lo absurdo - que resulta tener que redescubrir y reinventar aquello que debió ser aplicado continuamente, y nos sorprendemos al descubrir cuánto de lo "nuevo" acerca de la tecnología solar tiene, en realidad, miles de años de antigüedad.

Tocaremos brevemente, a manera de recordatorio, algunos hitos históricos acerca del uso directo de la energía solar por el - hombre,

..... señalando los casos más significativos y mejor documentados y que tengan una relación más directa con la problemática actual y nuestro quehacer profesional.

En el siglo V A.C., Grecia se enfrentaba a una crisis energética, la escasez de madera en las zonas cercanas a los asentamientos humanos era tan notable, que Platón comparaba las montañas y colinas de su nativa Atica con los huesos de un cadáver: "Todas las partes suaves y ricas han desaparecido", se lamentaba, "sólo queda el esqueleto y la tierra" (1)

En el siglo IV A.C., los Atenieses prohibieron el uso de la madera de olivo para la fabricación de carbón así como la exportación de madera de la cercana Atica; en Delos se restringen severamente las ventas de carbón y se combate el monopolio del mismo. En la cercana isla de Cos fijan las autoridades un elevado impuesto a la madera usada para cocinar y calentar las casas.

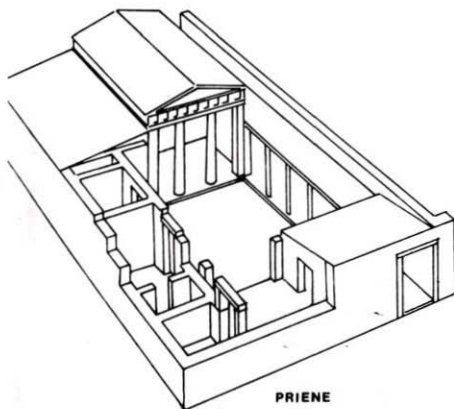
Según Sócrates, la casa ideal debe ser fresca en verano y cálida en invierno (2), lo que no era fácil de lograr hace 2500 años en la antigua Grecia, que carecía de medios artificiales para enfriar las casas y dependía del carbón para calentarlas.

Con la escasez de madera, los griegos se vieron enfrentados a una crisis energética que los hizo buscar una "fuente alternativa", idea que nos resulta muy familiar actualmente. Afortunadamente, los griegos aprendieron a usar la energía solar en la construcción de su casa, aprovechando los rayos del Sol para calentarla durante el invierno y evitando su calor durante el verano.

Así nace en occidente, con los Griegos, el uso óptimo del Sol en el diseño de edificios: la Arquitectura Solar.

La Arquitectura Solar florece en las ciudades Clásicas Griegas, las casas se orientan hacia el sur y las ciudades se planean para que todos sus habitantes tengan igual acceso al Sol de invierno. Los Griegos, que veneraban al Sol, no tuvieron ningún impedimento cultural para el desarrollo de la Arquitectura Solar; creían que el Sol proveía el calor vital en animales y plantas (3); el naturalista Oribasio señalaba que las áreas al sur eran lugares sanos por su exposición al Sol, y que las dirigidas al norte eran menos sanas debido a que "no reciben mucho Sol y cuando lo hacen, la luz llega oblicuamente sin mucha vitalidad" (4)

Como observadores del Sol, los Griegos pronto encontraron los principios básicos de la Arquitectura Solar; el uso de cuadrantes solares los hizo .....



PRIENE



No cabe duda que la Arquitectura Solar fue una constante preocupación de los constructores de la Grecia Clásica.

En Roma encontramos una situación semejante; el consumo de madera para la industria, construcción de barcos y calefacción, hicieron desaparecer pronto las existencias en la península Itálica. Para el siglo I A.C. tuvieron que importar madera desde el Cáucaso; un siglo después, Plinio el Viejo describía los efectos adversos de la crisis energética por falta de madera (7).

Probablemente esta situación obligó a los romanos a importar las técnicas griegas de construcción solar, sin embargo, ellos dieron un paso adelante al adaptar el diseño solar a diferentes climas, aumentando el efecto de calentamiento con el uso del vidrio y expandiendo la Arquitectura Solar con la construcción de invernaderos y casas de baño públicas.

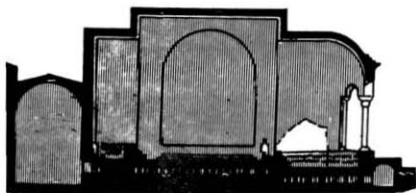
Fue tal la importancia que concedieron a la Arquitectura Solar que llegaron a decretar leyes que garantizaban el derecho al Sol. (8)

Ya en el siglo I A.C. Vitruvio aconsejaba: "Debemos empezar por tomar nota de los países y climas en los que vamos a construir, si es que queremos que nuestros diseños sean los correctos. Un tipo de casa es apropiada para Egipto, otro para España... otro más para Roma, y así para países con características diferentes. Esto se debe a que una parte de la tierra se encuentra directamente bajo el curso del Sol, otra alejada de él, mientras otra más entre éstas dos... Es obvio que los diseños de las casas deben conformarse a los diversos climas." (9)

Y fue más lejos, al aconsejar detalladamente la mejor orientación para cada parte de las casas de acuerdo a los diferentes lugares, para lograr el confort óptimo. (10)

Los Romanos aprendieron Arquitectura Solar a través de los escritos de Vitruvio y por su contacto directo con las colonias griegas, lo cual se reflejó sobre todo en las construcciones de los ricos que tenían mayores facilidades para construir sus villas sin sujetarse a las restricciones de las ciudades.

En la Roma del segundo siglo, Plinio el Joven describe detalladamente las aplicaciones solares que incorpora a sus villas de descanso, en la correspondencia que sostiene con sus amigos, enfatizando el ahorro de combustible para calefacción. (11)



OSTIA - Caldarium





Una de las habitaciones favoritas de Plinio fue el "helio-caminus"(12) que probablemente estaba cubierto de vidrio, mica o selenita, lo que permitía la penetración del Sol calentando el interior muy por arriba de lo que lograron los Griegos sin el uso del vidrio.

Estas cubiertas transparentes se hacían de mica o selenita (13) o vidrio fundido en moldes planos (14), y constituyeron una innovación radical en la tecnología de la construcción, en general, y en la tecnología solar, en particular.

No obstante que el vidrio de color se había venido usando por casi 3,000 años, no fue sino hasta el siglo I A.C. que se pensó en aplicar un material transparente en las ventanas para dejar entrar la luz e impedir el paso de la lluvia, nieve y frío.

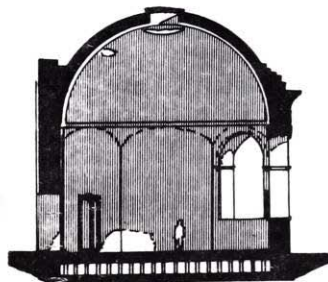
Séneca señala lo novedoso de esta idea en una carta escrita en el año 65 : "...ciertas invenciones..., el uso de planchas en las ventanas que admiten la luz a través de un material transparente, por ejemplo." (15)

Para el siglo siguiente, el uso del vidrio y materiales transparentes era ya común, y surge el principio de invernadero para el cultivo de plantas todo el año. Es famosa la inclinación del Emperador Tiberio por los pepinos, de los cuales, "no pasaba día en todo el año sin ellos". (16)

Probablemente ningún otro pueblo en la historia haya sentido tanta inclinación por el baño; los establecimientos de baños se convirtieron en lugares populares de reunión a partir del siglo primero (17); uno de los mayores, las famosas Termas de Caracalla, podía albergar 2,000 personas simultáneamente. Fueron construidas siguiendo las indicaciones de Vitruvio (18): el "caldarium" o baño caliente orientado hacia el Sol de invierno para aprovechar al máximo su calor; todo el lado sur estaba generalmente cubierto de vidrio para aprovechar el efecto de invernadero y con algunos pisos de arena que absorbían el calor durante el día y lo restituían durante la noche.

Los Romanos preferían el uso de la tecnología solar para sus establecimientos de baños por razones terapéuticas, pero también por el tremendo ahorro del combustible que se requería para calentar el agua, producir vapor y climatizar el espacio dentro del edificio.

Para el siglo cuarto, la "crisis energética" había empeorado; hubo necesidad de fletar una flota entera de navíos exclusivamente para importar madera de Francia y el norte de África; se incrementaron los conflictos fronterizos y ésto obligó a aumentar la fuerza militar.



OSTIA - Hellocaminus



Lo anterior obligó a aumentar los impuestos y se produjeron una serie de devaluaciones que afectaron directamente a la productiva clase media, obligándola a abandonar paulatinamente las ciudades para refugiarse en el campo, adoptando un sistema de vida "autosuficiente".

Primero Faventino (19) y luego Palladio (20), escribieron sendos tratados en los que enfatizaban la autosuficiencia; siguieron a Vitruvio en las recomendaciones de orientación, pero agregaron técnicas propias.

Palladio recomendaba el reciclaje del agua y la ubicación de las habitaciones de invierno directamente arriba de los baños para aprovechar el calor de los mismos, así como el uso de ventanas-invernadero.

Ambos tratadistas señalaron un ingenioso sistema para la construcción de un piso como colector solar. La técnica ya había sido inventada por los Griegos y transmitida a través de Vitruvio: debía cavarse un espacio bajo el piso y llenarse de grava; cubrirse después con una mezcla de arena oscura, ceniza y tierra caliza, con lo que se formaba un piso negro que funcionaba como un excelente colector de calor solar durante el día y como emisor durante la noche.

Faventino aseguraba a sus clientes que "hasta los sirvientes descalzos no tendrían motivo de queja".

Hasta aquí hemos visto, con cierto detalle, el paralelo entre la situación de "crisis energética" que originó en Grecia, y posteriormente en Roma, la necesidad de adoptar ciertas medidas "alternativas" para hacerle frente, y la situación actual que parece muy semejante. Presentamos enseguida, en un rápido recorrido cronológico - el desarrollo que han tenido otras técnicas de aprovechamiento de energía solar.

En realidad, es evidente que, de vez en cuando, conviene recordar la manera como nuestros antepasados resolvieron, en su momento, problemas semejantes a los que ahora enfrentamos.

Como profesionistas, y especialmente como Arquitectos, tenemos la grave responsabilidad de, entre otras cosas, optimizar los recursos de manera tal que las soluciones que se propongan, sean del todo acordes con nuestras realidades. Pero no es solamente la "crisis energética" la que nos debe preocupar como Arquitectos, es, sobre todo, la responsabilidad moral de cumplir nuestro cometido social, aportando lo que de nosotros dependa para mejorar la "calidad" de vida del hombre sobre la tierra, de nuestros hijos y de los hijos de sus hijos.





ham's Opticae Thesaurus

## ENERGIA SOLAR-SU USO

### CRONOLOGIA

### CONCENTRACION DE LOS RAYOS SOLARES POR ESPEJOS

- S.III A.C. Los Griegos son los primeros en mencionar "espejos quemantes"; el matemático Dositheius descubre que los rayos del Sol reflejados en un espejo parabólico se enfocan en un punto de acuerdo a sus contemporáneos fue el primero en construirlo. (21)(\*)
- S.II A.C. Dicocles hace la primera demostración formal geométrica de las propiedades focales de los espejos parabólicos y esféricos. (22)
- 212 A.C. Se dice de Arquímedes haber destruido la flota Romana - invasora en Siracusa con el uso de espejos y el Sol. (23)
- 20 A.C. Los Chinos usaban espejos cóncavos "quemantes" para sus ceremonias rituales, según el libro Chou-Li. (24)
- S.XI El árabe Ibn-Al-Haitham elabora pruebas matemáticas que sirven de puente entre los antiguos Griegos y la Europa Medieval. (25)
- S.XIII Roger Bacon, monje franciscano en Oxford, aboga por el uso de espejos parabólicos como arma para derrotar al anti-Cristo: los Moros contra quienes se combatía en Tierra Santa. De haberse construido hubiera sido de proporciones colosales. (26)
- S.XVI 1515 Leonardo da Vinci propone, esta vez para fines pacíficos, la construcción de un espejo parabólico de seis y medio kilómetros (!) de sección para la generación de calor y fuerza para la industria y la recreación. Disfrazó sus intenciones ocultando sus investigaciones sobre el poder de los espejos cóncavos bajo el título de "Perspectiva". Intencionalmente cifró sus notas en los diseños respectivos. (27)
- 1561 Según Leonardo, Andrea del Verrochio usó un espejo solar para soldar las secciones de cobre de la cúpula de la Catedral de Santa María dei Fiori en Florencia. (28)
- Adam Lonicer registra la técnica usada por los alquimistas para fabricar perfume con el uso del calor solar concentrado por un espejo esférico. (29)



S.XVII

Giovani Magini, astrónomo italiano asegura poder fundir plomo, plata y oro en pequeñas cantidades con un espejo solar esférico de 60 cm. de diámetro. (30)

Jerome Cárđano y Giambattista Porta aseguran poder construir espejos "quemantes" de largo alcance. (31)

Athanasius Kircher realiza una exhaustiva investigación respecto a la viabilidad de los espejos "quemantes" y concluye diciendo: -No dejemos a los matemáticos jactarse de más cosas que las que puedan demostrar, no dejemos que se expongan ellos y su noble arte a la burla y mofa de los hombres. (32)

1600 Villette, óptico de Lyon, construye varios espejos esféricos de mayor tamaño, hasta un metro de diámetro con los que funde estaño en 3 segundos, hierro fundición en 16 seg. y perder 87% de su peso a un diamante. (33)

Gartner, mecánico de Dresden, construye espejos solares convexos con madera recubierta de cera y hoja de oro. (34)

El Barón de Tschirnhausen construye en Alemania el "espejo quemante" mas poderoso del siglo: a una sola hoja de cobre martillado de 1,67m. de diámetro. (35)

S.XVIII

Peter Hoesen, mecánico y carpintero real en Dresden abandona la construcción unitaria de sus antecesores y construye espejos en secciones de madera recubiertas de latón, de hasta tres metros de diámetro, capaces de concentrar rayos del Sol en un área de unos dos centímetros de sección. Logra fundir plomo en un "parpadeo", vitrificar asbesto en tres segundos y pizarra (esquisto) en doce segundos. (36)

1747

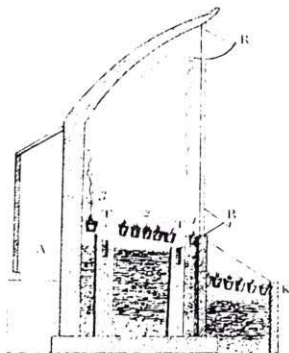
Buffon demuestra en París la viabilidad de lo atribuido a Arquímedes al incendiar, a una distancia de 60 mts, una pila de madera, concentrando en ella los rayos solares reflejados con una batería de 140 espejos planos. (37)



2894706







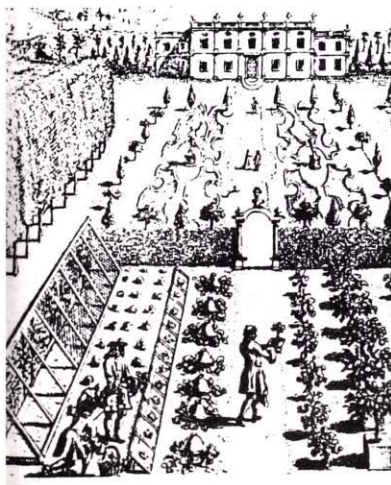
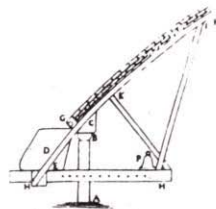
Invernadero de M. Adanson

## INVERNADEROS

- S. I Séneca menciona el uso de planchas transparentes en ventanas (15) y Plinio el cultivo de pepinos para el Emperador Tiberio en invernaderos (16)
- S. XII De acuerdo con la leyenda, un fraile Dominicó que experimentaba forzando el crecimiento de plantas y flores en un invernadero es quemado por brujería.
- S. XVI Renace el interés por aprovechar el calor solar para la horticultura; los Holandeses y Flamencos son los primeros europeos modernos en superar a los Romanos en esta línea, seguidos por los Franceses e Ingleses.
- S. XVII Se desarrolla la técnica de colocar plantas adosadas a un muro para aprovechar el calor restituído por éste. En Francia se desarrolla la técnica de sembrar en terraplenes inclinados hacia el Sur-Este para cosechar frutos todo el año; incluso se diseñan mecanismos para mover los terraplenes y rastrear el curso del Sol. (38)
- S. XVIII Herman Boerhaave, profesor holandés de botánica demuestra las inclinaciones óptimas de las vidrieras de invernaderos. (39)
- S. XVIII Michael Adanson, científico francés escribe el primer tratado sistemático sobre la teoría y construcción de invernaderos, con reglas, tablas y diagramas. (40)
- El Dr. James Anderson aporta la iniciativa de ALMACENAR el calor de los invernaderos para aprovecharlo posteriormente. (41)
- S. XIX Se desarrolla en Inglaterra la idea del "Conservatorio" que se usó para exhibir plantas a diferencia del invernadero para cultivarlas. (42)

Uso del vidrio por horticultores ingleses para extender la época de cultivo. S. XVII

Mecanismo de rastreo solar en los terraplenes propuesto por Duillier. 1699





# COLECTORES SOLARES

1767

Horace de Saussure, científico Franco-Suizo, experimenta con cajas de madera y vidrio como colectores solares y desarrolla las llamadas "Cajas Calientes" (43)

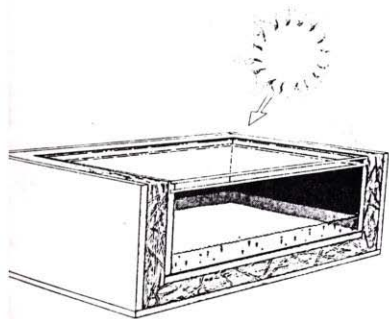
1830

Sir John Herschel, el famoso astrónomo, construye una "Caja Caliente" con vidrio doble e interiormente pintada de negro con la cual, durante un viaje al Africa, cuece en ella un huevo :  $\pm$  240 F. (44)

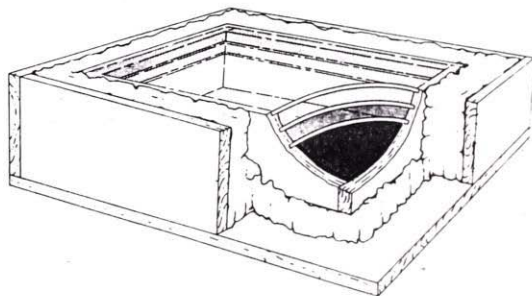
1882

Samuel Pierpont Langley, astrofísico Norteamericano, experimenta con los efectos de la energía solar usando una caja de cobre con vidrio doble. (45)

Estos pioneros diseñaron el prototipo de colector solar que sigue en uso hasta la fecha.



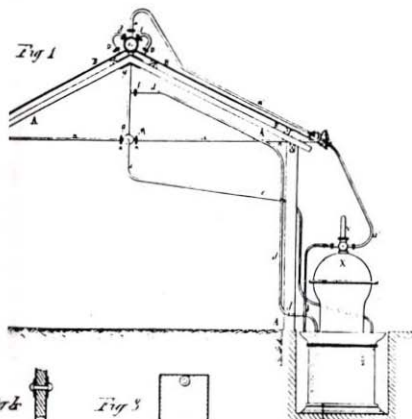
Prototipo de colector solar de Willsie y Boyle



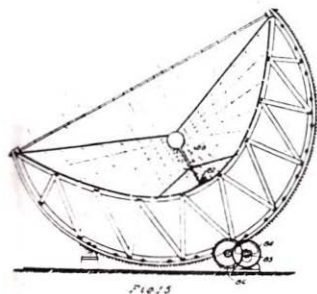
Colector solar de Saussure, 1767



## MOTORES SOLARES



Bomba solar de Tellier. 1885

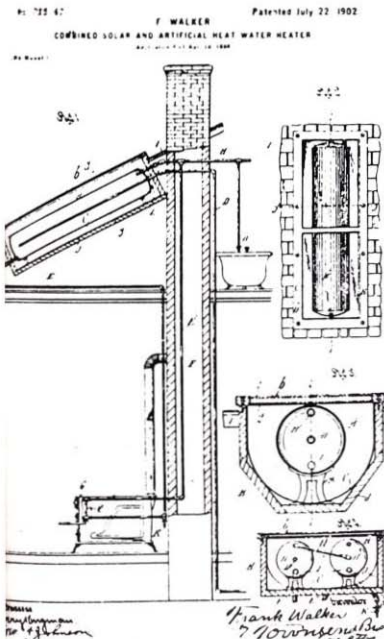


Colector solar de la planta de Meadi, Egipto, 1906-1910.

- S. I
- 1860 Hero de Alejandría construye un sifón solar. (46)
- Augustin Mouchot, profesor de matemáticas del Lyceé de Tours, Francia, investiga el potencial de la energía del Sol aplicada a la maquinaria y publica un libro que es la crónica del desarrollo de los artefactos solares hasta esa fecha. (47)
- Construye un horno solar, una bomba de agua solar, un destilador solar y el primer motor movido por energía solar. Se considera a Mouchot el pionero en este campo; a él se debe el paso entre la experimentación científica y el desarrollo práctico de esta tecnología revolucionaria.
- 1878 En la Exposición Universal de París se exhibe el motor solar mas grande construido por Mouchot. (48)
- Abel Pifre, asistente de Mouchot, fabrica varios motores solares y en 1880 exhibe en los jardines de las Tullerías una prensa solar con la que imprime 500 copias del Solar Journal. (49)
- 1870 John Ericsson construye en los Estados Unidos su primer motor solar, cambiando el concepto de colector solar plano por el de tubos metálicos en el foco de un reflector parabólico. En 1872 aplica la idea de un motor movido por aire caliente en lugar de vapor. (50)
- 1885 Charles Tellier, ingeniero francés, aplica el concepto de colector solar de baja temperatura para mover maquinaria; llamado el padre de la refrigeración, aplica la idea de aprovechar vapor presurizado de líquidos que hierven a menor temperatura que el agua - dióxido de azufre, hidrato de amoníaco -; construye una bomba de agua solar. (52)
- 1892 Aubrey Eneas, inventor inglés residente en Massachusetts, inicia estudios sobre energía solar; construye varios motores solares y, en 1901 patenta un motor solar cuyo reflector es un cono truncado. (51)
- 1892-1915 H.E. Willis y John Boyle continúan los trabajos de investigación de Tellier y construyen cuatro plantas solares con colectores solares de caja. (53)
- 1906-1910 Frank Schuman construye varias plantas solares, la mayor de todas en Egipto. El interés general se vuelve hacia el Petróleo. (54)



# CALENTADORES SOLARES DE AGUA



1891

Clarence M. Kemp, inventor y fabricante de Baltimore, Maryland, patenta un calentador solar de agua combinando el principio de caja solar con el tanque metálico desnudo que se había venido usando por algún tiempo; nace así el sistema " Climax " de los que, para 1900 se habían vendido más de 1,600 unidades. (55)

1905

La compañía Solar Motor Co., fundada por Aubrey Eneas, compra los derechos de Climax en California y mejora el diseño.

1898





- 1.- PLATON, Critias, III-B-D.
- 2.- SOCRATES, citado por Xenofon en : Memorabilia, III, viii, 8f.
- 3.- TEOFRASTO, De Igne, 6.
- 4.- ORIBASIOS, II, 5, 317.
- 5.- SOCRATES, Ibid.
- 6.- ARISTOTELES, Política, VII, 11.6.
- 7.- PLINIO EL VIEJO, Historia Natural, XXXIV, xx, 96.
- 8.- ULPIANO, Digesta, 8, 2.17.
- 9.- VITRUVIO, De Architectura, VI, i, 1.
- 10.- Ibid.
- 11.- PLINIO, Cartas, II, 17 (Laurentum) y V.6 (Tuscany)
- 12.- Heliocaminus :lat.-Helio, solar y caminus, horno.
- 13.- PLINIO, Historia Natural, XXXVI, xlv, 160, -Piedras transparentes en ventanas.
- 14.- FORBES, vol.5 pp.185-187, -Vidrio Romano.
- 15.- SENECA, Epistulae Morales, XC.25.
- 16.- PLINIO, Id. XXIII, xxiii, 64. -Invernadero.
- 17.- SENECA, Id. LVI.1-2, LXXXVI, 6-11. -Actividad en baños.
- 18.- VITRUVIO, Op.Cit., V, xi y VI, ivl.
- 19.- FAVENTINUS, M.Ceti, De Diversis Architectonicae, 16, 14, 26.
- 20.- PALLADIO, Rutilius T., De De Rustica, l.40, l.42, l.20.
- 21.- DOSITHEIUS, Espejos Quemantes, Trad.C.J.Toomer, Berlín, Nueva York; Springer, 1976.p.34.
- (\*) Los espejos cóncavos de plata de los Incas y la lente de cuarzo encontrada en las ruinas de Nínive, probablemente fueron usados para encender el fuego Sagrado, concentrando con ellos los rayos del Sol.
- 22.- DOSITHEIUS, Op.Cit.
- 23.- GALENO, Opera Omina, (Hildesheim; G.Olms. 1946-65) vol I, p.657.
- 24.- NEEDHAM, J., Science and Civilization in China, Cambridge Univ. Press 1954, p.p.87-89.



- 25.- AL HAITHAM, A Discourse on the Paraboloidal Focussing Mirror,  
Trad. Winter, H. J. J. y Arafat, W., en: The Journal of the Royal  
Asiatic Society of Bengal, Ser. 3, vol. 15, 1 y 2, 1949, p. 25.
- 26.- BACON, R., Opus Majus, Trad. Burke, R. B., Philadelphia, Univ. of Penn  
sylvania Press, 1928, p. 135.  
Vid. Fr. Rogeri Bacon Opera, Ed. Brewer J. S., Londres 1959, Opus -  
Tertium XXXVI.
- 27.- Il Codice Atlántico di Leonardo da Vinci nella Biblioteca Ambro  
siana Milano. (Milani: U. Hoepli, 1894-1904, 371, v-a y 277 r.a.
- 28.- PEDRETTI, Carlo, The Literary Works of Leonardo da Vinci, Berkeley  
University of California Press, 1973, p. 120.
- 29.- MOUCHOT, Apud., La Chaleur Solaire, 2a. Ed., Gauthier-Villars, París  
1879, p. p. 94-95.
- 30.- MAGINI, Giovanni, Breve Instruttione Sopra L'Apparenze et Mirabili  
Effetti dello Specchio Concavo Sferico, Presso Clementi Ferroni,  
1628, Ch. 3.
- 31.- PORTA, G., Natural Magick, Young y Speed, Londres 1658, Ch. 17, S. 15,  
17 y 9.
- 32.- KIRCHER, A., Ars Magna Lucis et Umbrae, Sumptibus, Romae, 1646, par-  
te 3, libro 10, corollario 2.
- 33.- THE PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY OF LONDON,  
vol. 30, No 360 (1719).
- 34.- HOESEN, P., Kurze Nachricht Derer Beschaffenheit Und Wirkung Der-  
rer Parabolischen Brennspiegel, Hetel, B. F., 1755, cap. I.
- 35.- THE PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY OF LONDON,  
vol. 16, No 188 (1887).
- 36.- c. f. r. HOESEN, P., p. p. 1-15. 2894706
- 37.- ENCYCLOPEDIA BRITANNICA, T. 20, p. 938b, 1960.
- 38.- FATIO DE DULLIER, N., Fruit Walls Improved, Londres, Everingham  
1699.
- 39.- BOERHAAVE, H., Element Chemia, Londini: Sumptibus 1732, Vol. I p. 213.
- 40.- ADANSON, M., Familles des Plantes, París, Vincent 1763, Vol. I, p. 132.
- 41.- ANDERSON, J., A Description of a Patent Hot-House, Londres,  
Cummings 1803, pp. vi-vii.
- 42.- KERR, R., The Gentleman's House, Londres, Murray 1867, p. 353.



- 43.- LE JOURNAL DE PARIS, Suplement 108,Abril 17,1784,pp.475-478
- 44.- EVANS,D.,et al,Herschel at the Cape,Cape town, Balherma 1969, p.330.
- 45.- LANGLEY,S.P., Researches on Solar Heat,Washington,US Printing Office,1884,pp.166-168
- 46.- HALL,M.B.,The Pneumatics of Hero of Alexandria,Londres, Macdonald 1971,p.69.
- 47.- MOUCHOT,A.,La Chaleur Solaire,Gautier-Villars 1879,p. 154.
- 48.- Idem,pp123,142-143,170-178,261,267.
- 49.- PIFRE,A.,Nouveaux Résultats D'utilization de la Chaleur Solaire Obténus a Paris,Comptes Rendus de L'Academie des Dciences, Vol.91,1880,pp. 388-389.
- 50.- CHURCH,W.C.,The Life of John Ericsson,Nueva York,Scribners 1890.
- 51.- U.S. Patent 670,916,Marzo 26,1901.
- 52.- SCIENTIFIC AMERICAN,Vol.53,Oct. 1885,p.214.
- 53.- ENGINEERING NEWS,Vol. 61,No 19,Mayo 1909,pp.511-514.  
U.S.Patent 1,101,000 Jun.23 1914,U.S.Patent 1,130,870,Mzo 9 1915,U.S.Patent 1,130,871 Mzo. 9,1915.
- 54.- HALLY,G.,Sunpower,its Commercial Utilization,Institution of Engineers and Shipbuilders of Scotland,Vol.57,Abril 21,1914.
- 55.- THE LOS ANGELES TIMES,Jun.3,1900.Part I p.7.
- 56.- U.S.Patent 705,167,Abril 19,1898,
- 57.- DAY AND NIGHT WATER HEATER CO.,Sales Brochure 1914.  
U.S.Patent 1,242,511 Oct. 9,1917.  
BROOKS,F.A.,Use of Solar Energy for Heating Water in California, NE,pp.52-54.

142816

Este trabajo fué desarrollado siguiendo el esquema general de:  
A GOLDEN THREAD, K. BUTTI y J.PERLIN,PALO ALTO: CHESHIRE  
BOOKS,1980.

Dibujos del autor, excepto los que aparecen en las páginas de  
la 8 a la 13, tomados de la obra mencionada.

### Formato de Papeleta de Vencimiento

*El usuario se obliga a devolver este libro en la fecha  
señalada en el sello mas reciente*

Código de barras, 9894706

FECHA DE DEVOLUCION

[illegible]

2894706

- Ordenar las fechas de vencimiento de manera vertical.
- Cancelar con el sello de "DEVUELTO" la fecha de vencimiento a la entrega del libro

UAM  
TH7414  
H6

2894706  
Hoyos, Gilberto de  
Arquitectura bioclimática





**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

**MTRO. CARLOS PALLAN FIGUEROA**

Rector U. A. M. AZCAPOTZALCO

**ARO. MANUEL SANCHEZ DE CARMONA**

Secretario de la Unidad

**ARO. ANTONIO TOCA FERNANDEZ**

Director de la División de Ciencias y Artes  
para el Diseño

**M. en A. HUMBERTO RODRIGUEZ GARCIA**

Jefe del Departamento de Medio Ambiente  
para el Diseño